

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja
(BDC Publications)
Nro 6

**PAIKALLISEEN PK-YRITTÄJYYTEEN POHJAUTUVAT
ENERGIAPUUN HANKINTAMALLIT
KUNNOSTUSOJITUSALUEILLA**

Okko Rahikainen
Tero Vesisenaho
2004



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JYVÄSKYLÄ POLYTECHNIC



PAIKALLISEEN PK-YRITTÄJYYTEEN POHJAUTUVAT ENERGIAPUUN HANKINTAMALLIT KUNNOSTUSOJITUSALUEILLA

Okko Rahikainen

Tero Vesisenaho

Väliraportti

Kesäkuu 2004



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO.....	2
2. TAVOITTEET	4
3. TYÖN TOTEUTUS	5
3.1 Tutkimustyömaa.....	5
3.2 Tutkitut koneet ja menetelmät.....	7
3.3 Aika- ja tuotostutkimusten tekeminen.....	11
3.3.1 Hakkuun aikatutkimus.....	11
3.3.2 Energiapuiden mittaus.....	12
3.4 Jälkimittaukset ja korjuujäljen tarkastus	13
4. TULOKSET	15
4.1 Puustokertymät.....	15
4.2 Hakkuun tuottavuus.....	18
4.3 Hakkuun kustannus	20
4.4 Korjuujälki	21
4.4.1 Runko- ja juurivauriot	22
4.4.2 Ajourat.....	22
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	23

1. JOHDANTO

Energiapuun käyttö

Valtakunnallisessa energiapuun tuotannon ja käytön lisäämistavoitteessa nuoren metsän hoitokohteilta hankittavalla pienpuulla ja siitä tuotetulla polttohakkeella on merkittävä osuus. Pienpuuhake on monilta laatuominaisuuksiltaan (kosteus, palakoko, tuhkapitoisuus) selkeästi parempaa kuin päätehakkUILTA hankittava polttohake, minkä takia se sopii myös pienkäyttäjille. Pienkäytössä maksukyky polttohakkeesta on selkeästi parempi kuin suuremmilla kohteilla vaihtoehtoisen polttoainemuodon erilaisuuden takia.

Pienpuuhakkeen tuotanto ei ole suurista tavoitteista ja toiveista huolimatta lähtenyt samanlaiseen kasvuun kuin päätehakkuiden energiapuun tuotanto hakkuutähteestä ja kannoista. Suurten puupolttoainetuottajien ja -käyttäjien näkökulmasta päätehakkuiden ja nuorten metsien energiapuu on tasaveroista. Tosiasia kuitenkin on, että pienpuuhakkeen tuotanto on monin verroin kalliimpaa ja laatu turhan hyvää näille suurkäyttäjille. Tämän takia pienpuuhakkeen käyttö ei edenne suurten käyttökohteiden myötä, vaan pienten paikallisten tuotanto- ja käyttöketjujen kautta.

Pienpuuhakkeen tuotantoon – erityisesti hakkuuseen – on kehitetty viime vuosina uusia teknisiä ratkaisuja, mutta mikään niistä ei ole osoittanut Työtehoseuran, Metsätehon tai Metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksissa selkeää paremmuuttaan muihin tekniikoihin verrattuna. Järeisiin metsäkoneisiin perustuvat koneelliset joukkokäsittelytekniikat edellyttävät suuria vuotuisia tuotantomääriä ja niiden toiminnan kannattavuus edellyttää huomattavan järeää, jopa ainespuuksi kelpaavan kokoista puustoa. Miestyöhön perustuva siirtelykaatotekniikka on pienimmillä puustoilla edelleen kaikkein taloudellisin ratkaisu, mutta miestyönä energiapuun korjuu ei voi olla ympärivuotista ja pula metsureista vaikeuttaa korjuun lisäämistä.

Yhtymäkohdat muihin hankkeisiin

Keski-Suomessa meneillään olevassa Keski-Suomen metsäenergia –projektin nuoren metsän hoito –osiossa painopiste on tiedotuksessa koneellisen joukkokäsittelytekni-

kan olemassa olostä sekä KEMERA-tuista tällaiseen toimintaan. Projektissa lähtökoh-
ta on kuitenkin suuren puunhankkijan suuren mittakaavan toiminnassa eikä niinkään
paikallisissa toimintamalleissa.

Nuoren metsän hoidon aihepiiristä tehdyt aiemmat tutkimukset ovat usein hakeneet
yleisiä teknisiä ratkaisuja sovittamatta niitä paikalliseen toimintaympäristöön. Aiem-
missä tutkimuksissa ei ole myöskään lähdetty tietoisesti hakemaan painopistealuetta
energiapuun korjuuseen kunnostusojitusalueilta, vaan toiminta on painottunut kiven-
näismaa-alueille.

Turvemailla toimittaessa alueen metsäsektorin toimijoiden verkottuminen, johon tällä
hankkeella voidaan toivottavasti saada lisäpotkua, on ensiarvoisen tärkeää. Tätä on
korostettu myös mm. Keski-Suomen metsäohjelmassa. Energiapuun korjuu kunnos-
tusojituskohteilta ei saa olla irrallinen toimenpide, koska turvemailla toimintaketjuun
kuuluu kunnostusojitus, nuoren metsän hoito sekä mahdollisesti vielä tuhkan palautus.
Jotta kokonaisuus voidaan hoitaa tyylikkäästi ja kestävästi, on alueellisten toimijoi-
den, kuten lämpöyrittäjien, metsäkeskuksen, metsänhoitoyhdistyksen ja koneyrittäjien
puhallettava samaan hiileen.

Keski-Suomen metsäohjelmassa vuosille 2001–2005 painotetaan myös, että energia-
puun ”tutkimustoimintaan tulee edelleen panostaa ja painopisteen tulee olla pienilä-
pimittaisen ja kuitupuuksi kelpaamattoman harvennuspuun energiakäytössä”. Lisäksi
”puuntuhkan käyttöä metsien ja erityisesti turvemaiden lannoituksessa lisätään”. Tällä
hankkeella haetaan ratkaisuja näihin molempiin metsäohjelman tavoitteisiin pääsemi-
seksi.

Keski-Suomen metsille on tunnusomaista nuorten 20–40 -vuotiaiden männiköiden
suuri osuus. Myös kunnostusojitusalueiden suometsistä huomattava osa on juuri nuo-
ria männiköitä. Suometsissä puuston keskitilavuus ja tukkiprosentti ovat selvästi pie-
nempiä kuin kangasmaiden metsissä, minkä takia ne sopivat jopa kivennäismaakohte-
ta paremmin energiapuuhanhinnan piiriin. Suometsien tulevan hyödyntämisen kannal-
ta työrästit taimikonhoito- ja ensiharvennusmäärissä sekä kunnostusojituksissa pitää
saada kurottua umpeen.

Keski-Suomen metsäohjelman mukaan ”turvemaiden hakkuissa kiinnitetään huomiota toimenpiteiden oikeaan järjestykseen. Tavoitteena ovat laajat harvennuskeskittymät, jotka toteutetaan eri toimijoiden tiiviissä yhteistyössä. Hakkuu ja korjuu tehdään pääsääntöisesti maan ollessa jäätyneenä ja samassa yhteydessä tehdään tarpeelliset kunnostusojitukset. Metsäalan toimijoiden suunnitelmallista yhteistyötä tulee ojitushankkeiden yhteydessä lisätä. Kunnostusojitustavoite ohjelmakaudelle on 8 000 ha/v. Tästä yksityisluontoisten metsien osuus on 5 500 ha.” Tältä yksityismetsien alueelta saatava energiapuumäärä voisi moninkertaistaa pienpuuhakkeen tuotannon Keski-Suomessa.

2. TAVOITTEET

Työn tavoitteena on kehittää Keski-Suomen alueella energiapuun hankinnan paikallisia PK-yrittäjyyteen pohjautuvia toimintamalleja erityisesti kunnostusojitusalueille. Työn avulla pyritään tunnistamaan ja vertailemaan pienpuun korjuuseen parhaiten soveltuvia paikallisia toimintamalleja sekä tekemään niitä alueellisesti tunnetuiksi ja tätä kautta osaltaan edistää pienpuuhakkeen käyttöä pienten paikallisten tuotanto- ja käyttöketjujen kautta.

Koska pienpuun korjuussa energiapuuksi valtion yksityismetsiin myöntämät kestävän metsätalouden rahoituslain mukaiset tuet ovat keskeisessä merkityksessä toiminnan kannattavuudelle, rajataan selvityskohteiksi vain yksityismetsät.

3. TYÖN TOTEUTUS

Työn alkuvaiheessa haettiin talviaikaisten kenttäkokeiden toteuttamiseen sopiva alue pohjoisen Keski-Suomen soisilta alueilta (Kyyjärvi). Kohteen piti olla kooltaan riittävän suuri (n. 5 ha) työmenetelmien opettelua ja niiden vertailua varten, hyvien kulku-yhteyksien varrella menetelmien esittelyn vuoksi sekä toiminnan talouden kannalta KEMERA-rahoituskelpoista. Energiapuun toimituskohteena oli Kyyjärven kunnan lämpölaitos, jonka energian tuotannosta huolehtii Kyyjärven energiaosuuskunta. Kohdevalinnassa tehtiin yhteistyötä Metsäkeskuksen, Kyyjärven MHY:n ja Luonnonvarainstituutin kesken.

3.1 Tutkimustyömaa

Tutkimusalue sijaitsi Kyyjärven kunnan Möksyn kylällä yksityisen metsänomistajan maalla lähellä Peuralinnantietä (KUVIO 1). Tutkimusleimikko oli iältään noin 70-vuotiaasta suomännikköä ja pinta-alaltaan noin 4,6 hehtaaria. Kohteella oli 7 sarkaa, joista puisin ja muita puustoltaan järeämpi jätettiin tutkimusalueen ulkopuolelle.



KUVIO 1. Kohteen sijainti Kyyjärven Peuralinnassa.

Tutkittavan leimikon puuston tiheys ennen harvennusta oli keskimäärin 1670 runkoa/ha ja puuston pohjapinta-ala 18,4 m²/ha. Keskipituus ennen harvennusta oli 11,4 metriä ja keskiläpimitta 13,9 cm. Puumäärä oli keskimäärin 107,7 m³/ha. Taulukossa 1. esitetään vastaavat luvut saroittain laskettuna. Alue oli aiemmin syksyllä ennakkoraivattu, raivauksessa oli poistettu läpimitaltaan alle neljän-viiden senttimetrin paksuisia runkoja. Työmaan puustotunnukset määritettiin koealoilta ennakkomittausten avulla.

TAULUKKO 1. Työmaan puustotunnukset saroittain ennen käsittelyä.

SARKA	r/ha	m ² /ha	h	d _{1,3}	m ³ /ha
A	1390	15,8	11,4	14,3	93,3
B	1790	16,9	10,9	12,6	95,7
C	1620	17,3	11,2	13,5	100,9
D	1700	19,3	11,5	14,4	113,7
E	1730	17,7	11,2	13,4	102,2
F	1790	23,6	11,5	14,7	141,0

Ennakkomittaukset suoritettiin viikolla kahdeksan helmikuussa 2004. Alue jaettiin saroittain kuuteen osaan, joissa jokaiselle osalle tuli 5 linjakoealaa, yhteensä 30 kpl. Koealat mitattiin lankamittalaitteella. Yksittäisen koealan koko oli 40 x 5 metriä ja koealaväli 35 metriä. Ojasta ojaan ulottuvalta viisi metriä leveältä koealalinjalta mitattiin rinnankorkeusläpimitta 2 cm:n tarkkuudella eteen sattuvalta puolelta jokaisesta puusta. Pituuskoepuita mitattiin puolen metrin tarkkuudella tasaisin välein, kaikkiaan 65 kpl. Kaikkiin koealojen mitattuihin puihin merkittiin spraymaalilla symbolit kuvaamaan läpimittaluokkaa, niiden tunnistamisen helpottamiseksi työn myöhemmissä vaiheissa (KUVIO 2). Lumen alla ollutta pientä alikasvosta ei voitu mittauksessa lukea. Ennakkomittaukset tehtiin yhteistyönä Metsäkeskus Keski-Suomen kanssa. Ennen kenttäkokeita sarkojen koealoista valittiin puustoltaan vertailukelpoisia aloja aika- ja tuotostutkimuksia varten.



KUVIO 2. Kohteen puusto ja puustomerkinnät

3.2 Tutkitut koneet ja menetelmät

Tutkimuksessa verrattiin seuraavia kolmea hakkuumenetelmää:

1. Normaali ainespuuhakkuu, jossa hakataan tukkia, pikkutukkia, parrua ja kuitupuu-
ta + latva energiapuuksi puoleenväliin karsien = LATVA
2. Sahatavarahakkuu, jossa hakataan tukkia, pikkutukkia ja parrua + kuitu- ja latva-
osa energiapuuksi = KUEP
3. Pelkkä ainespuuhakkuu = AP

Menetelmää yksi käytettiin tutkimustyömaan saroilla A ja B, menetelmää kaksi saroilla C ja D, sekä menetelmää kolme saroilla E ja F (KUVIO 3). Hakkuukoneitten kuljetajille tutuin käytetyistä menetelmistä oli menetelmä yksi. Raportin myöhemmissä kohdissa ainespuu + latvaenergiapuu-menetelmää kutsutaan LATVA-, kuituenergiapuu-menetelmää KUEP- ja ainespuumenetelmää AP-menetelmäksi. Hakkuun jäl-



KUVIO 4. Tutkimuksessa käytetyt hakkuukoneet.



KUVIO 5. Metsäkuljetuksessa käytetty kalusto.

3.3 Aika- ja tuotostutkimusten tekeminen

Kenttätutkimukset tehtiin 15.–19.3.2004. Aika- ja tuotostutkimuksilla oli tarkoitus selvittää vertailtavien koneiden ja hakkuumenetelmien työn tuottavuutta sekä ajankäytön jakaantumista eri työvaiheisiin. Metsäkuljetuksen tutkimus rajattiin työn ulkopuolelle, koska aiheesta on olemassa riittävästi aiempaa tietoa ja sen osuus kokonaiskorjuukustannuksista on hakkuuta pienempi ja kustannusvaihtelu vähäisempää.

3.3.1 Hakkuun aikatutkimus

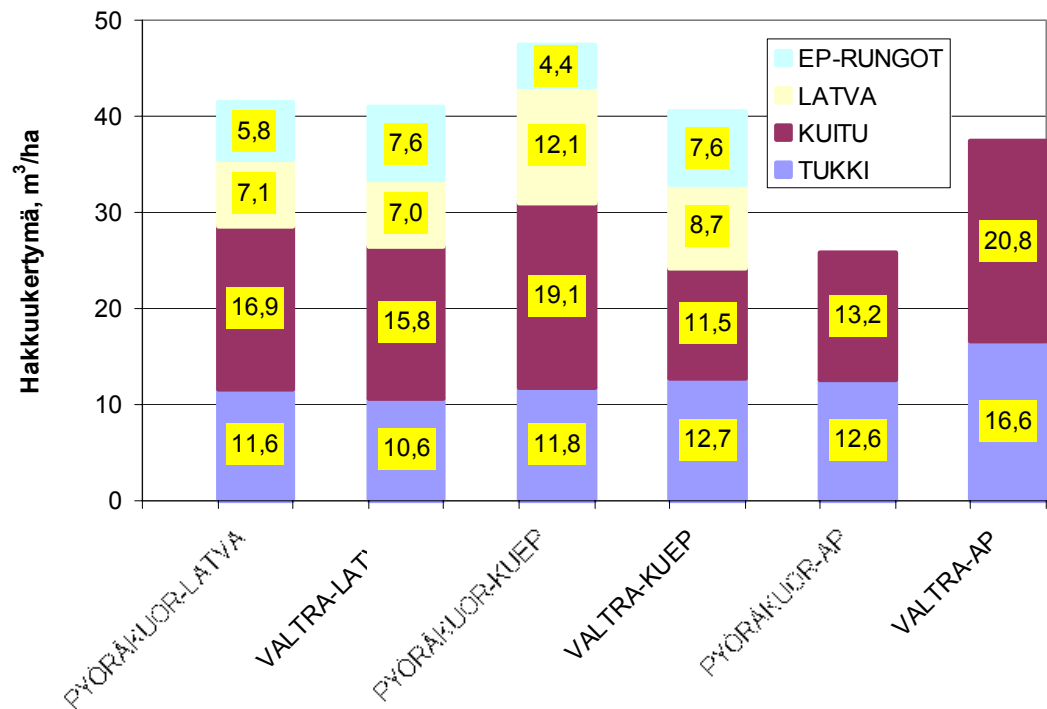
Jokaista tutkittavaa työskentelymenetelmää kohden oli viisi erillistä koealaa. Koealat määräytyivät kaadettujen puiden perusteella, yhdeltä tutkimuskoealalta kaadettiin aina noin kaksikymmentä runkoa. Aikatutkimusaineistot kerättiin Husky Hunter 16 –tiedonkeruulaitteelle asennetulla SIWORK-aikatutkimusohjelmalla. Koealoilta määritettiin työskentelyyn menevä aika, josta eroteltiin rungoille vientiin kulunut aika ja runkojen käsittelyaika sekä siirtoihin ja keskeytyksiin kulunut aika.

Keskimääräisissä vienti ja siirtoajoissa ei ollut merkittäviä eroja eri menetelmien ja koneiden välillä. Huomionarvoista on, että runkojen kokonaisajanmenekin osalta ei ole isoja eroja AP- ja LATVA-menetelmien välillä, joten latvojen tekeminen energiapuuksi ei vaikuttanut juurikaan kokonaisajanmenekkiin. Taulukossa 2 KUEP-menetelmässä ainespuurungoilla tarkoitetaan tukkipuurunkoja ja energiapuurungoilla kuitu- ja alle ainespuukokoisia runkoja. Ainespuumenetelmässä ajanmenekkiin on lisätty raivausaika, jolla tarkoitetaan aikaa mikä keskimäärin kului ainespuuksi kelpaamattomien ”raivauspuiden” käsittelyyn yhtä ainespuurunkoa kohti.

TAULUKKO 2. Hakkuun toteutuneet ajanmenekit runkoa kohti.

	PYÖRÄKUORMAAJA					VALTRA				
	LATVA		KUEP		AP	LATVA		KUEP		AP
<i>cmin/r</i>	AP	EP	AP(tukit)	EP		AP	EP	AP(tukit)	EP	
Vienti	11,0	10,3	12,4	10,2	10,1	10,8	10,3	10,7	10,8	9,5
Käsittely	38,0	16,7	42,6	24,5	29,4	40,9	20,1	50,3	27,0	28,9
Siirto	3,7	3,7	3,0	3,0	4,1	4,0	4,0	3,6	3,6	5,2
Raivaus					3,5					10,6
YHT. <i>cmin/r</i>	52,7	30,7	58,0	37,7	47,1	55,7	34,4	64,6	41,4	54,2

Jokaisen tutkimusotoksen jälkeen hakkuukoneelta tulostettiin mittalista, jotta saataisiin selville eri puutavaralajien kertymät työn tuotoksen määrittämiseksi. Kuviossa 6 esitetään puutavaralajien kertymät hehtaaria kohti eri koealoilta. Koeala F erosi muista koealoista hieman ja sillä tukki- ja kuitukertymä oli muita koealoja suurempi.



KUVIO 6. Eri puutavaralajien kertymät eri menetelmien koealueilla.

3.3.2 Energiapuiden mittaus

Kenttäkokeissa määritettiin energiapuun korjuukoelaoilta myös energiapuun määrä. Hakkuun jälkeen tutkimusaloilta mitattiin energiapuiden tilavuus Pomo-mittasaksien MOTOTARKASTUS-ohjelmalla metrin pätkissä (KUVIO 7). Mittauksessa energiapuuta eroteltiin kahteen erilliseen tavaralajiin kuuluvaksi, rungon ainespuuosan jälkeiseksi latvaenergiarangaksi ja alle ainespuukokoiseksi tai ainespuuksi kelpaamattomaksi energiapuurungoksi. Energiapuista määritettiin myös oksabiomassan määrä punnitsemalla karsittujen oksien massa otantarungoista.



KUVIO 7. Energiapuupölkkyjen mittaus POMO-mittasaksilla.

3.4 Jälkimittaukset ja korjuujäljen tarkastus

Korjuujäljen tarkastus tehtiin yhteistyönä Metsäkeskus Keski-Suomen kanssa.

Hakkuun jälkeiset puustotunnukset määritettiin samoilta linjakoealoilta, joita käytettiin ennakkomittauksissakin. Lisäksi tutkimusalueelta määritettiin systemaattisesti sijoitetuilta ympyräkoealoilta korjuujälki. Korjuujäljen mittauksissa alue jaettiin hakkuutavan mukaan kolmeen eri kuvioon, joista jokaiselta kuviolta mitattiin 10 kpl koealoja, yksittäisen koealan kerroin oli 100 eli säde oli 5,64 m. Ympyräkoealoilta laskettiin rinnankorkeusläpimitaltaan yli 7 cm paksujen elävien puiden lukumäärä puulajeittain. Vaurioituneet puut eriteltiin vaurioiden ja niiden sijainnin perusteella runko- ja juurivaurioihin. Vaurioprocentti laskettiin vaurioituneiden puiden ja kaikkien luettujen puiden suhteena.

Koealamittausten yhteydessä määritettiin myös ajouraväli, uraleveys ja urapainamat. Ajouravälin mittauksessa mitattiin lyhin koealan keskipisteen kautta kulkeva suora koealan molemmin puolin kulkevien lähimpien ajourien raiteiden keskikohtien välille.

Uramittausten lähtöpisteestä uralta rajattiin uraleveyden mittaamiseksi viiden metrin ja urapainaumien arvioimiseksi viidentoista metrin matkat molempiin suuntiin uraa. Uraleveyden määrittämisessä rajatulta 10 metrin jaksolta mitattiin uran oikealta ja vasemmalta puolelta lähimmän puun kyljen kohtisuora etäisyys uran raiteiden keskele. Urapainaumien mittauksessa 30 metrin matkalta arvioitiin yli 10 senttiä syvien urapainaumien pituus metreinä, kriteeriksi riitti, jos jompikumpi raiteista oli yli 10 senttiä syvä. Alle 50 cm pituisia painaunia ei huomioitu. Uraleveyden ja urapainaumien mittauksen lähtöpiste oli koealan keskipistettä lähimpänä sijaitsevan ajouran raiteiden keskikohta. Yhteenvedona uratiedoista laskettiin mittausten keskimääräinen uraväli ja -leveys sekä urapainaumien prosenttiosuus.

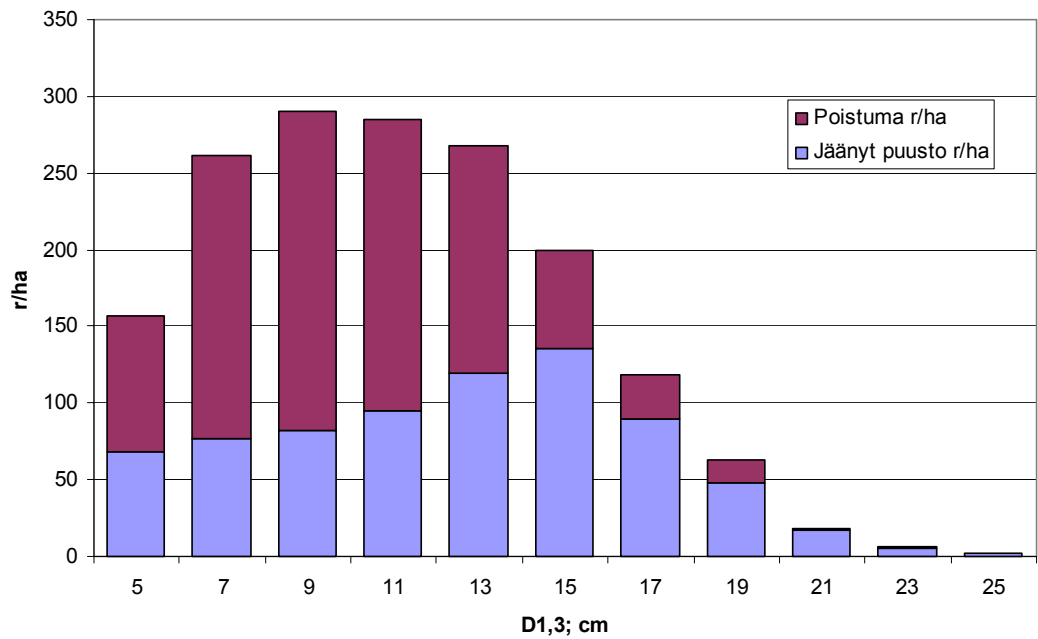
4. TULOKSET

4.1 Puustokertymät

Harvennuksen jälkeen runkoluku koealoilla oli keskimäärin 738 runkoa/ha, joten hakkuussa poistui 932 r/ha. Pohjapinta-ala oli hakkuun jälkeen 10,1 m²/ha, keskiläpimitta 15,4 cm ja keskipituus 11,8 metriä. Yhdessä raivauspuuston kera kohde täyttää siis KEMERA-tuen kriteerit sarkaa A lukuun ottamatta, jolla jäävän puuston keskiläpimitta ylittää 16 cm. Puumäärä kuviolla hakkuun jälkeen oli keskimäärin 61,2 m³/ha. Taulukossa 3. on esitetty vastaavat luvut saroittain eriteltynä. Kuviossa 8 on esitetty poistuman tyyppi tutkimustyömaalla.

TAULUKKO 3. Puustotunnukset saroittain hakkuun jälkeen.

SARKA	r/ha	m ² /ha	h	d _{1,3}	m ³ /ha
A	640	10,1	12,3	17,0	62,0
B	670	7,9	11,3	13,5	46,0
C	730	10,1	11,7	15,2	61,6
D	720	10,4	11,9	15,8	63,2
E	960	10,6	11,6	14,8	62,8
F	730	11,8	11,9	15,8	73,0



KUVIO 8. Lähtöpuuston ja poistuman runkolukusarja tutkimustyömaalla.

Taulukossa 4 on esitetty tutkimustyömaan aines- ja energiapuukertymät eri saroilta. Ainespuukertymät on saatu hakkuukoneen mittalaitteelta ja energiapuukertymät mitausten ja laskentojen kautta. Energiapuut ajettiin erillisiin pinoihin ja mitattiin saroittain pinomittauksena (KUVIO 9), jonka tulos on ilmoitettu myös taulukossa. Koeala F erosi hieman muista koealoista ja sillä tukki- ja kuitukertymä oli muita koealoja suurempi.

TAULUKKO 4. Aines- ja energiapuukertymät koealoittain.

SARKA	TUKKI	KUITU	LATVA	EP-RUNGOT	AP Yht. m ³	EP Yht. m ³	Pinomitta m ³
A	7,9	11,5	4,8	4,0	19,4	8,8	11,7
B	7,2	10,7	4,8	5,1	17,9	9,9	10,8
C	8,1	13,0	8,2	3,0	8,1	24,2	27,1
D	10,9	9,9	7,5	6,5	10,9	23,9	26,2
E	10,9	11,3	0	0	22,2	0	0
F	14,2	17,9	0	0	32,1	0	0
					110,6	66,8	75,8

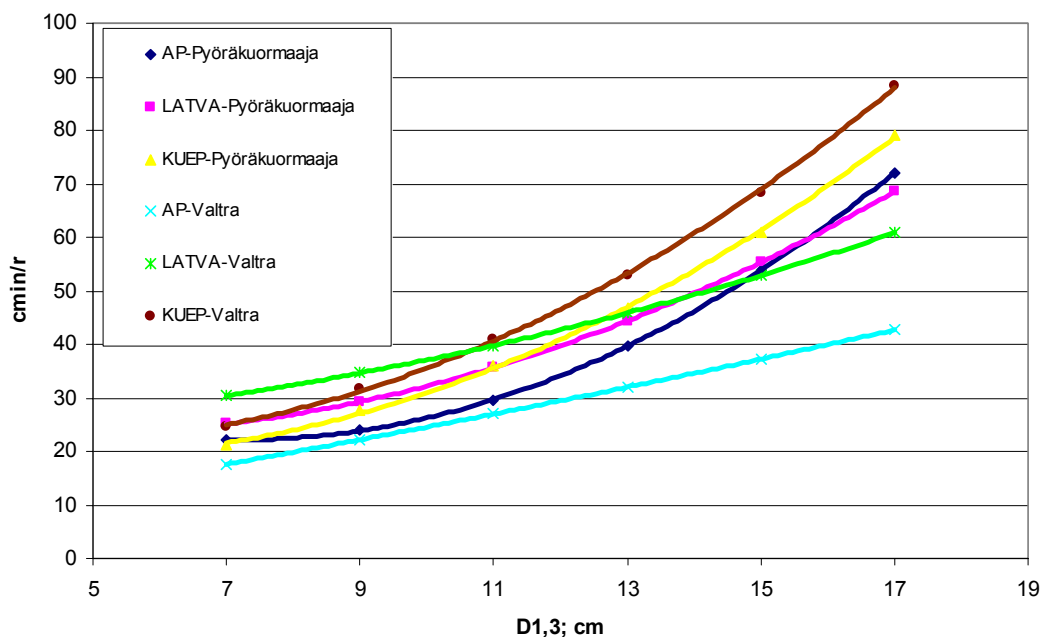


KUVIO 9. Ylempänä saran A LATVA-pino ja alempana saran D KUEP-pino.

4.2 Hakkuun tuottavuus

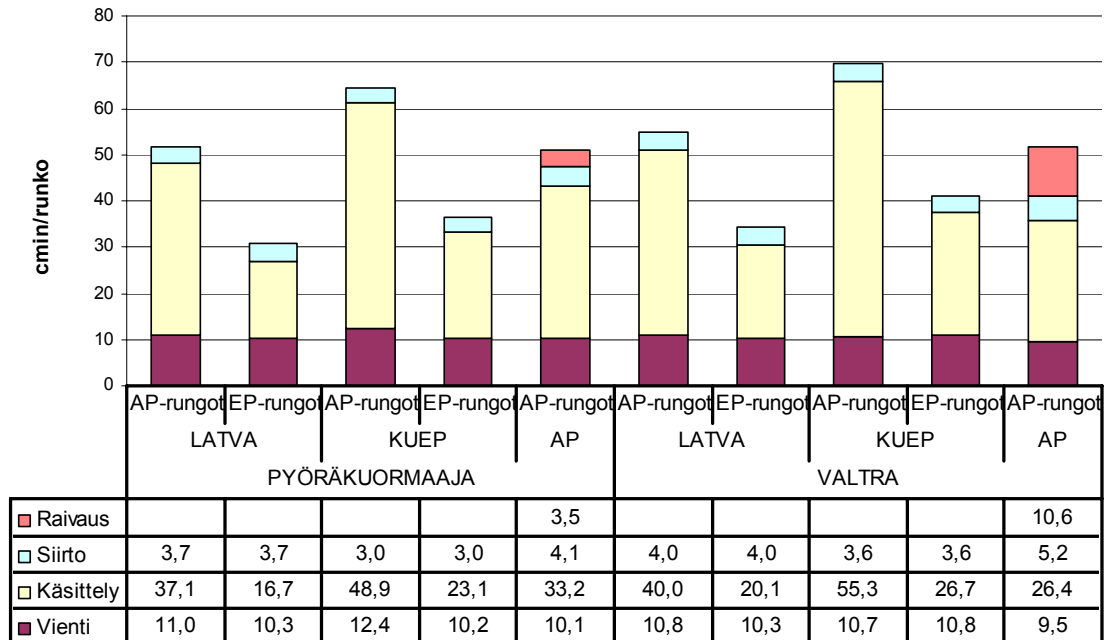
Kuviossa 10 on esitetty runkojen käsittelyajanmenekki eri menetelmillä. Pyöräkuormaaja-alustaisen hakkuukoneen runkojen käsittelyajassa ei juuri ollut merkittävää eroa AP- ja LATVA-menetelmien välillä eikä latvojen tekeminen energiapuuksi vaikuttanut merkittävästi käsittelyaikaan. Valtran osalta latvan tekeminen energiapuuksi lisää käsittelyaikaa suhteessa enemmän kuin pyöräkuormaajakoneella verrattuna ainespuumenetelmään. Tämä saattaa osin johtua siitä, että paikoin latva hiukan takertui kuormaimen hydraulikkaletkuihin hakkuupäätä käännettäessä käsittelyn loppuvaiheessa.

Kuituenergiapuu-menetelmässä pyöräkuormaaja-alustainen kone näyttäisi suoriutuvan runkojen käsittelyssä tulosten valossa myös hivenen rivakammin kuin Valtra. Pyöräkuormaaja-alustaisella koneella järempiä runkoja tehdessä käsittelyaika kasvaa selvästi Valtran vastaavaa aikaa jyrkemmin. Valtran osalta rungon koko ei aiheuta niin suurta päänvaivaa kuin pyöräkuormaajakoneelle, jolta tuntuu järeimmissä rungoissa hiukan puhti hiipuvan. Toisaalta läpimitaltaan pienempiä runkoja tehdessä pyöräkuormaajakoneen runkoihin kohdistuva käsittelyaika on pienempi kuin Valtran vastaava. Se johtuneekin osaltaan siitä, että pyöräkuormaajakoneella latvojen käsittely sujuu hivenen näppärämmin kuin Valtralla.



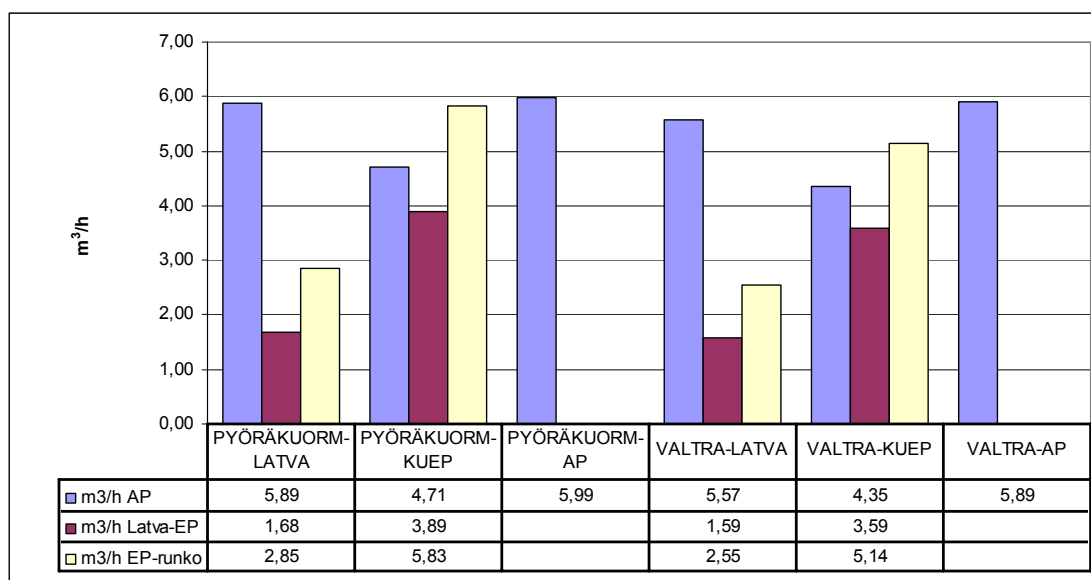
KUVIO 10. Runkojen käsittelyajanmenekki eri menetelmillä ja koneilla.

Puustomittausten pohjalta lasketulle kohteen poistuman keskimääräiselle runkoluksarjalle määritettiin ajanmenekkifunktioiden kautta käsittelyajanmenekit runkoa kohti, jotta saatiin eri menetelmät asetettu vertailukelpoiseen tilanteeseen. Kuviossa 11 on esitetty hakkuun laskennalliset ajanmenekit runkoa kohti.



KUVIO 11. Hakkuun laskennalliset ajanmenekit runkoa kohti.

Keskimäärin energialatva-menetelmässä ainespuuhakkuun tuottavuus oli lähes yhtä suuri kuin pelkässä ainespuuhakkuussakin, noin 6 m³/h. Ilman raivausajanmenekkiiä ainespuun tuottavuus olisi ollut AP-menetelmässä selvästi parempi, etenkin Valtran osalta. Energiapuun hakkuun tuottavuus oli suurin KUEP-menetelmä, jossa ainoastaan tukit hakattiin ainespuuksi ja loppuosa ja tukiksi kelpaamattomat rungot menivät energiapuuksi. Koneiden välillä ei ollut suuria eroja tuottavuudessa, yhtäläisten menetelmien osalta aines- ja energiapuun keskimääräiset tuottavuudet olivat melko lähellä toisiaan (KUVIO 12).

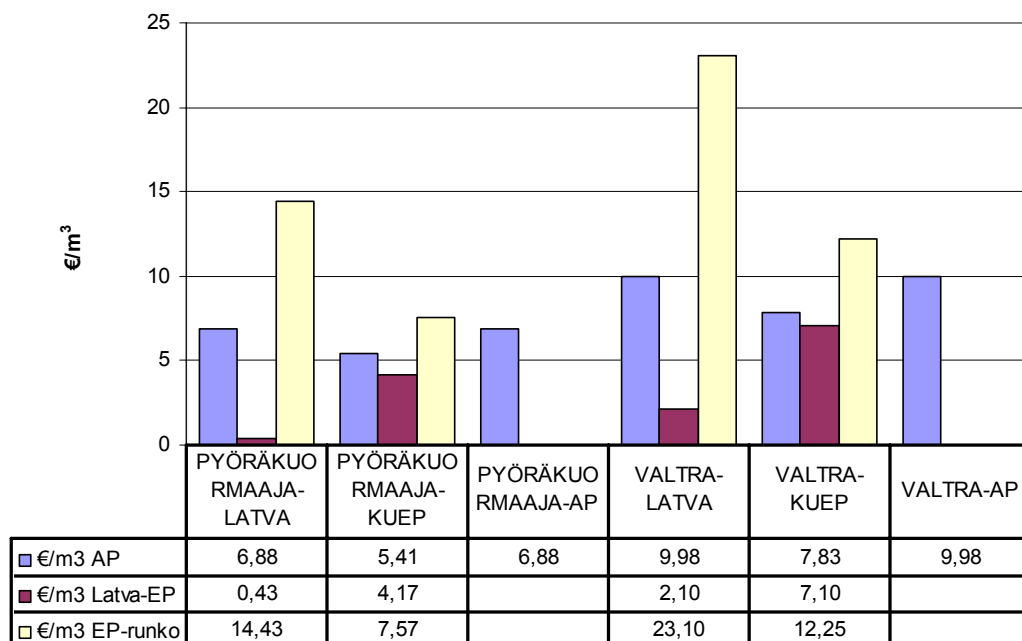


KUVIO 12. Hakkuun keskimääräinen tuottavuus eri menetelmillä.

4.3 Hakkuun kustannus

Hakkuukustannusten laskennassa käyttötuntihintana on käytetty pyöräkuormaaja-alustaisen hakkuukoneen kohdalla 35 €/h ja Valtran osalta 50 €/h (ALV 0). Käyttöaikaan on oletettu kuuluvan tehoajan lisäksi 15 % keskeytyksiä. Kustannukset on laskettu erikseen erilliskäsiteltäville energiapuurungoille ja ainespuun kanssa samoista rungoista integroidusti tuotettavalle latvaenergiapuulle. Laskennan perusteena oli ainespuun hakkuukustannuksen vakioiminen ainespuuhakkuukoealojen tulosten pohjalta.

Alle ainespuukokoisiin runkoihin tarttuminen lisää kustannuksia pienestä rungon koosta johtuen, kun taas ainespuuosan jälkeiseen latvaan kohdistuva kustannus ei ole lähelläkään erillisiin läpimitaltaan pieniin energiapuihin kohdistuvaa kustannusta. Latvan tekeminen energiapuuksi on tulosten valossa suositeltavaa. Kuituenergiapuumenetelmässä energiapuurunkojen käsittelyn kustannukset ovat pienemmät johtuen suuremmasta rungon koosta, mutta ainespuukertymä jää tällöin pieneksi. Ainespuuhakkuun kustannus oli pyöräkuormaajakoneella 6,88 €/m³ ja Valtralla 9,98 €/m³. Latvaenergiapuun osalle kohdistuva kustannus LATVA-menetelmässä oli pyöräkuormaajalla 0,43 €/m³ ja Valtralla 2,10 €/m³ kun taas erikseen käsiteltävien alle ainespuukokoisten energiารunkojen kustannukseksi tuli huomattavasti korkeampi hinta, pyöräkuormaajalla 14,43 €/m³ ja Valtralla 23,10 €/m³ (KUVIO 13).



KUVIO 13. Hakkuun keskimääräiset kustannukset eri menetelmillä.

4.4 Korjuujälki

Tutkimuskohteen ajourapainauksen tulosten perusteella voisi päätellä, ettei latvojen keräämisellä tai keräämättä jättämisellä ollut merkitystä painaumiin, koska painaumiin osuus kuvioilla hakkuutavasta huolimatta on melko lähellä toisiaan. Eniten vaurioita ja urapainauksia on syntynyt kuviolle, jolla kuitupuu hakattiin energiapuuksi. Kuituenergiapuun menetelmän osalla korkeita vauriolukemia voisi ehkä osin selittää sillä, että energiapuutaakat lienevät kookkaampia ja siten niiden liikuttelun suhteen kuormatessa on oltava erityisen tarkkana, etteivät ne kolhi pystypuita.

Suurin osa painaumista on todennäköisesti aiheutunut tuhkanlevityskoneen jäljiltä. Viikolla, jona hakkuu ja tuhkanlevitys suoritettiin lämpötila pyöri nollan paikkeilla ja vettä tihusti muutamana päivänä, eikä yöpakkasiakaan juuri ollut. Kuvion osalla, johon tuhkaa ei levitetty, ei painauksia juurikaan ollut syntynyt. Paikoin oli myös hiekan hankalaa todeta uralla olevan tuhkan muodostamien epätasaisuuksien johdosta onko painauma suurempi kuin 10 cm ja siten onko kyseessä painauma vai ei.

4.4.1 Runko- ja juurivauriot

Puu katsottiin korjuun seurauksena vaurioituneeksi, kun puuaines oli rikkoontunut tai puun kuori oli rikki nilakerrokseen saakka yhdestä tai useammasta kohdasta yhteensä yli 12 neliösenttimetrin laajuudelta ja puuaineen pintaa oli samalla paljastunut yli yhden neliösenttimetrin laajuudelta.. Juurissa otettiin huomioon vain vauriot, jotka olivat enintään yhden metrin päässä rungon keskipisteestä. Alle kaksi senttimetriä paksujen juurien vaurioita ei otettu huomioon. Puu katsottiin vaurioituneeksi myös silloin, kun siinä oli puun kuoren rikkonut viilto tai viiltoja yhteensä yli 50 cm:n matkalla.

Juurivaurioita ei havaittu yhdenkään kuvion koealoilla, joten kokonaisvaurioprosentiksi kuvioilla muodostui sama kuin runkovaurioiden osuus prosentteina. Latva-menetelmällä hakatulla kuviolla runkovaurioita oli 5,9 %, kuituenergiapuu-menetelmän kuviolla runkovaurioiden määrä oli 17,5 % ja ainespuu-menetelmällä hakatulla kuviolla runkovaurioita oli 4,8 %. Valtakunnallisissa korjuujäljen tarkistuksissa vuonna 2003 runkovaurioiden osuus oli 2,3 % ja juurivaurioiden 0,5 % runkoluvusta, vaurioprosentin ollessa yhteensä 2,8 %. Täysin koneellisesti korjatuissa kohteissa vaurioiden määrä oli 3,1 prosenttia runkoluvusta (<http://www.metsavastaa.net>).

4.4.2 Ajourat

Ajourien keskimääräinen etäisyys oli latva-menetelmän kuviolla 19,3 metriä, kuituenergiapuu-menetelmän kuviolla 20,2 metriä ja ainespuu-menetelmän kuviolla 20,4 metriä. Metsänhoitosuosituksen mukainen ajouraväli on 20–30 metriä, vuonna 2003 ajourien keskimääräinen etäisyys oli valtakunnan tasolla 21,8 metriä (<http://www.metsavastaa.net>). Ajourien keskimääräinen leveys oli latva-menetelmällä hakatulla kuviolla 41,1 desimetriä, kuituenergiapuu-menetelmän kuviolla 45,4 desimetriä ja ainespuu-menetelmän kuviolla 40,6 desimetriä. Yhtenä hyvän korjuujäljen kriteerinä on pidetty kohteen keskimääräisen uraleveyden jäämistä alle 45 desimetrin, vuonna 2003 keskimääräinen ajourien leveys oli 41,3 dm (<http://www.metsavastaa.net>).

Yli 10 cm syvien ajourapainaumien osuus ajourien pituudesta oli latva-menetelmän kuviolla 5,3 %, kuituenergiapuu-menetelmän kuviolla 7,0 % ja ainespuu-menetelmällä

hakatulla kuviolla 6,8 %. Valtakunnallisesti vuonna 2003 yli 10 cm syvien ajourapainaumien osuus ajouraverkoston pituudesta oli ennätysellisesti vain 0,9 %, pidemmän ajan keskiarvona määrä on noin kahden prosentin luokkaa (<http://www.metsavastaa.net>).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pyöräkuormaaja-alustainen hakkuukone soveltuu hyvin pieniläpimittaisiin harvennuskohteisiin, järeimmillä rungoilla käsittelyajat kasvavat huomattavasti. Valtran hakkuukoneella sen sijaan kookkaampienkin runkojen käsittely onnistuu paremmin. Latvaenergiapuu-menetelmän käytöstä hakkuumiehillä on vankkaa kokemusta ja se on heidän yleinen työskentelymenetelmänsä. Tämän tyyppisillä kohteilla näillä miehillä ja koneilla latvaosan hakkaaminen energiakäyttöön on suositeltavaa pelkän ainespuuhakkuun sijasta, jos energiapuulle on markkinoita.

Erillisiin alle ainespuukokoisiin runkoihin tarttuminen ja käsittely erikseen on hiukan kyseenalaista urakoitsijan kannalta korkeista kustannuksista johtuen. Vaikka kuituenergiapuumenetelmässä saadaankin eniten energiapuuta talteen, niin vähäisen ainespuukertymän johdosta metsänomistajan tili jää laihaaksi. Lisäksi soilla kasvavat puut eivät välttämättä ole laadultaan kummoisia, joten energiapuuksi menisi KUEP-menetelmässä luultavasti huomattavan järeitäkin runkoja, jotka eivät täytä tukeen laatuvaatimuksia. Lisäksi pitkien rankojen kanssa temppuilu lisäänee pystyputten vaurioriskiä. Kuitupuun hakkaaminen energiapuuksi puoltaisi paikkaansa ehkä sellaisissa hoitamattomissa metsissä, joissa kuitupuun osuus on vähäinen.

Ravinnetappioiden osalta energiapuiden korjuussa turvemailta ei viimeisimpien tietojen mukaan ole syytä huolestua, koska tutkimusten mukaan iso osa hakkuutähteiden ravinnevaroista huuhtoutuu hakkuiden jälkeen vesistöihin, eikä jää puuston käyttöön. Energiapuumenetelmien käyttö pelkän ainespuuhakkuun sijaan tarjoaa koneyrityksille lisätyötä ja kertymää. Metsäenergian käytölle on muutenkin kovat kasvutavoitteet, lämpöyrittäjyys on yleistynyt, yksityisiä lämpölaitoksia ja osuuskuntia on perustettu, mistä Kyyjärvi on malliesimerkki. Metsäenergia-alan PK-yritystoiminnan kehittämiseen tulevaisuudessa on edellytyksiä olemassa kunhan yrittäjät löytävät toisensa ja kysyntä ja tarjonta kohtaavat.